

Verfahren zur dezentralen Steuerung eines Motorantriebs

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur dezentralen Steuerung eines Motorantriebs, dem von einer zentralen Steuerung Bewegungsaufgaben in Form von Weg- und Zeitdaten für voneinander abbaständete Stützpunkte vorgegeben werden und dem eine intelligente dezentrale Steuerung zugeordnet ist, die den Motorantrieb so steuert, daß die vorgegebenen Bewegungsaufgaben eingehalten werden.

Ein derartiges Verfahren ist beispielsweise durch DE 41 08 074 C2 bekannt. Dabei ist einem Motorantrieb eine eigene lokale intelligente Steuerung zugeordnet, die in diesem Fall unmittelbar am Gehäuse des Motorantriebs angesetzt ist.

Die Übertragung der Bewegungsaufgaben erfolgt so, daß in sehr kurzen Zeittabständen Daten für Stützpunkte übertragen werden, die von dem Motorantrieb durchlaufen werden. Unter der Bedingung eines statigen Anschlusses der jeweiligen Kurvenstücke zwischen den Stützpunkten führt die dezentrale Steuerung die entsprechende Steuerung des Motorantriebs durch. In diesem Konzept sind die zwischen den Stützpunkten ausgeführten Bahnkurven weitgehend beliebig, so daß für eine möglichst genaue Steuerung Stützpunkte in sehr kurzen Zeitabständen übertragen werden müssen, insbesondere wenn mehrere Motorantriebe eine gemeinsame Antriebsfunktion ausüben, beispielsweise eine zweidimensionale vorgegebene Bewegung ausführen sollen.

Erforderlich ist daher die Übertragbarkeit einer hohen Datenmenge über den Datenbus zwischen der zentralen Steuerung und der intelligenten dezentralen Steuerungen der einzelnen Motorantriebe, um die notwendigerweise erforderlichen Ungenauigkeiten zwischen den Stützpunkten möglichst gering zu halten.

Der Erfindung liegt daher die Problemstellung zugrunde, ein Verfahren zur dezentralen Steuerung so auszubilden, daß eine hohe Steuerungsgenauigkeit auch mit einer geringeren von der zentralen Steuerung zu der dezentralen Steuerung übermittelten Datennenge erreichbar ist.

Ausgehend von dieser Problemstellung ist ein Verfahren der eingangs erwähnten Art erfunden gemäß dadurch gekennzeichnet, daß für die dezentrale Steuerung wenigstens ein Algorithmus zur Bildung einer Weg-Zeit-Funktion vorgegeben wird und daß von der zentralen Steuerung neben den Weg- und Zeitdaten wenigstens eine Information zur Bildung der Weg-Zeit-Funktion nach dem Algorithmus zwischen den Stützpunkten übertragen wird.

Das erfundungsgemäß Verfahren beruht darauf, daß durch die dezentrale Steuerung eine Bahnkurve zwischen den Stützpunkten realisiert wird, die durch die zentrale Steuerung eindeutig vorgegeben ist. Dies bedeutet, daß die von der Motorsteuerung bewirkte Bahnkurve prinzipiell auf allen Punkten auch zwischen den Stützpunkten definiert ist und beliebig genau eingeschalten werden kann, ohne daß hierfür riesige Datenmengen von der zentralen Steuerung zur dezentralen Steuerung übertragen werden müßten. Das erfundungsgemäß Konzept bietet den Vorteil, daß Stützpunkte regelmäßig nur in größeren zeitlichen Abständen, die sich bis in den Zehntelsekundenbereich hin erstrecken können, übertragen werden müssen, so daß der Abstand zwischen den übertragenen Stützpunkten um Größenordnungen größer ist als der bisherige zeitliche Abstand von übertragenen Stützpunkten für eine halbwegs genaue Steuerung.

Da es erfundungsgemäß möglich ist, prinzipiell jede beliebige Genauigkeit für die von einem Motorantrieb bewirkte Bahnkurve zu realisieren, läßt sich die Erfindung insbesondere mit Vor teil bei dem Zusammenspiel mehrerer Motorantriebe zum Hantieren oder Bearbeiten von Werkstücken verwenden. Die hierfür erforderliche Synchronisation der Motorantriebe kann über ein

5 Verfahren zur dezentralen Steuerung eines Motorantriebs

10 15 20 25 30 35

5 10 15 20 25 30 35

5 10 15 20 25 30 35

extern vorgetriebenes Fahrzeugs, über den Datenbus zwischen zentraler Steuerung und dezentralen Steuerungen oder über eine Punktur erfolgen. Die Zeit zwischen den Synchronisationssignalen kann dabei von einer zwischen den Synchronisationssignalen genau laufenden internen Uhr mit feinen Taktten überbrückt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden als zusätzliche Information Daten über die Steigungen der Weg-Zeit-Punktion in den Stützpunkten übertragen. Dies kann dadurch erfolgen, daß neben den Daten der Stützpunkte die Steigung in den Stützpunkten als Zusatzinformation übertragen wird.

5 Die zusätzliche Information über den Kurvenverlauf kann auch durch die Lage wenigstens eines nicht auf der Bahnkurve liegenden Höchstpunktes zwischen den Stützpunkten erfolgen. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn als Algorithmus für die Weg-Zeit-Funktion Bezier-Kurven verwendet werden, was wegen des damit verbundenen vergleichsweise geringen Rechenaufwands bevorzugt ist. Eine weitere Möglichkeit für die Verwendung von Hilfspunkten ergibt sich bei der Anwendung einer Spline-B-Kurve.

10 Für die Verwendung von Bezier-Kurven ergibt sich ein minimaler Rechenaufwand, wenn als zusätzliche Information die Lage des Schnittpunktes der Tangenten an den Stützpunkten übertragen wird. Hierdurch wird die Steigung der Weg-Zeit-Punktion in den Stützpunkten charakterisiert, jedoch nur die Information über einen einzigen Hilfspunkt übermittelt. In der numerischen Berechnung der Bezier-Kurve nach Casteljau ergibt sich hierfür die Berechnung in einer einzigen Rechenhalsleife, so daß ein sehr geringer Rechenaufwand erforderlich ist, der in kürzester Rechenzeit erledigt werden kann.

15

5 Motorantrieb erfolgen, wobei der Ist-Zustand durch Wegsensoren des Motorantriebs und/oder des angetriebenen Werkzeugs ermittelt wird. Selbstverständlich kann dabei auch ein im Motor selbst integrierter Motorgeber für die Ermittlung des Ist-Zustandes verwendet werden.

Der Regelalgorithmus kann dabei so eingestellt werden, daß der Strom des Motorantriebs so gesteuert wird, daß der vorberechnete Weg genau ausführbar eingehalten wird. Im Unterschied hierzu war der Regelalgorithmus in früherer Technik auf die optimale Geschwindigkeit zwischen zwei nebeneinanderliegenden Stützpunkten abgestellt.

20 Durch die möglichen gerilligen Wegeabrechnungen durch die genaue Wegdefinition zwischen den Stützpunkten, die genaue Regelung auf die Position zum jeweiligen Zeitpunkt hin und die starre zeitliche Synchronisation können mit einem derart gesteuerten dezentralen Servoantrieb außerst hohe Bahngeschwindigkeiten bei geringem separativen Aufwand auch mit vergleichsweise einfachen und langlebigen Bussystemen erreicht werden. Weiterhin ist es möglich, eine nahezu beliebige Anzahl von zueinander synchronisierten Achsen balanciert laufen zu lassen.

25 Durch die dezentrale Struktur lassen sich die Antriebe auch für balangesteuerte Servoachsen in unmittelbarer Nähe der Servomotoren und ihrer Wegmeßsysteme oder sogar mechanisch mit diesen verbunden einsetzen. Bei entsprechendem konstruktiven Aufbau lassen sich hierdurch die sonst von langen Motorsleitungskabeln, die mit pulswidemodulierten Signalen beauf-

30

5 Der Regelalgorithmus kann dabei so eingestellt werden, daß der Strom des Motorantriebs so gesteuert wird, daß der vorberechnete Weg genau ausführbar eingehalten wird. Im Unterschied hierzu war der Regelalgorithmus in früherer Technik auf die optimale Geschwindigkeit zwischen zwei nebeneinanderliegenden Stützpunkten abgestellt.

Die Regelung kann mit bekannten Regelalgorithmen, aber auch mit Fuzzyreglern bzw. deren Rechenregeln durchgeführt werden. Durch die alleinige Konzentration des Reglers auf das genaue Fahren auf der Weg-Zeit-Funktion mit einfachen Regelalgorithmen (z.B. P-, PI-Regler usw.) kann die Abtastrate bei gleicher Recheneleistung der verwendeten Hardware gegenüber konventionellen Systemen erhöht werden.

10 Durch die möglichen gerilligen Wegeabrechnungen durch die genaue Wegdefinition zwischen den Stützpunkten, die genaue Regelung auf die Position zum jeweiligen Zeitpunkt hin und die starre zeitliche Synchronisation können mit einem derart gesteuerten dezentralen Servoantrieb außerst hohe Bahngeschwindigkeiten bei geringem separativen Aufwand auch mit vergleichsweise einfachen und langlebigen Bussystemen erreicht werden. Weiterhin ist es möglich, eine nahezu beliebige Anzahl von zueinander synchronisierten Achsen balanciert laufen zu lassen.

15 Durch die dezentrale Struktur lassen sich die Antriebe auch für balangesteuerte Servoachsen in unmittelbarer Nähe der Servomotoren und ihrer Wegmeßsysteme oder sogar mechanisch mit diesen verbunden einsetzen. Bei entsprechendem konstruktiven Aufbau lassen sich hierdurch die sonst von langen Motorsleitungskabeln, die mit pulswidemodulierten Signalen beauf-

20

30

35 Die Einhaltung der vorberechneten Bahnkurve durch den Motorantrieb kann mit der dezentralen Steuerung durch Regelung des

schlägt werden, ausgehenden Störungssignale in die Umgebung vermelden.

Das erfindungsgemäß Arbeitprinzip läßt sich auch für geregelte und unregelte Schrittmotoren einsetzen, indem der Schrittmotorantrieb mit einer Vielzahl von Steuerungsschritten zwischen den Stützpunkten entsprechend der ermittelten Weg-Zeit-Punktion gesteuert wird. Ein Prozessor der dezentralen Steuerung ermittelt entsprechend der Weg-Zeit-Punktion den passenden Zeitpunkt für den nächsten Schritt des Schrittmotors. In Form eines Steueraufpulses, so daß der Schrittmotor genau an der berechneten Bahnkurve entlangfährt. Bei geregelten Systemen kann der sich einstellende Lastwinkel entsprechend korrigiert werden.

Selbstverständlich lassen sich mit der vorliegenden Erfindung auch Linearmotoren steuern bzw. regeln.

Durch die optimale Einstellung des Stromes für eine genaue Fahrt an der Weg-Zeit-Punktion entlang können nun auch Motoren mit einer ungleichmäßigen Momententwicklung, z.B. Reluktanzmotoren, optimal geregelt werden, ohne daß eine aufwendige mathematische Korrektur in der Regelung erforderlich wird, da die hohe Abtastrate eine schnelle Korrektur der real notwendigen und an jedem neuen Ort feststellbaren Stromeinstellung ermöglicht.

Wenn mehrere an mindestens einer Vorschubvorrichtung hintereinander angeordnete Achsen, wie dies z.B. bei Holzbearbeitungsmaschinen üblich ist, saätzlich synchronisiert zur Vorschubachse als Führungsachse gesteuert werden müssen, lassen sich mit einem beschleibenen Antrieb diese Systeme sehr einfach aufbauen. Ein besonderer Vorteil entsteht hierbei, wenn die zu verfahrenen Wege durch Abrechnung eines durchlaufenden Werkstücks am Einkauf der Maschine generiert werden und bereits als Weg-Zeit-Profil vorliegen. Dieses muß dann lediglich

hinsichtlich der optimalen Lage der Stützpunkte unterzucht und an die dezentralen Antriebe weitergegeben werden.

Auch die Generierung von Bahnkurven für die Bearbeitung oder die Behandlung von z.B. durch Bildverarbeitungsgeräte oder Taster abgetastete Werkstücke wird durch die direkte Wandlerung in Weg-Zeit-Funktionen für die jeweiligen dezentralen Steuerungen erleichtert und beschleunigt. Dies gilt für ein-, zwei- und dreidimensionale Werkstückverfassungen. Bei der direkten Werkstückabrechnung mit mechanischen oder optischen oder ähnlich wirkenden Tastern kann es genügen, die bei der Abtastung aufgenommene Weg-Zeit-Punktion nur noch auf die optimale Bearbeitungsgeschwindigkeit und die notwendigen Werkzeugkorrekturen anzupassen und ohne aufwendige weitere Rechenarbeit auf die dezentralen Antriebe zu übertragen.

In Spezialfällen kann es vorteilhaft sein, die dezentralen Antriebe so auszurüsten, daß sie in Abhängigkeit von z.B. Geschwindigkeitsabhängigen Signalen einer Führungssache, z.B. einer Vorschubanrichtung, selbsttätig die vorgegebenen Weg-Zeit-Funktionen an die aktuellen Werte anpassen. Dies bedeutet eine parameterabhängige Modifikation der von der zentralen Steuerung übermittelten Daten für die Stützpunkte und den Kurvenverlauf zwischen den Stützpunkten.

Die Erfindung soll im folgenden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. Es zeigt:

Figur 1 - ein Blockschaltbild für einen dezentralen Antrieb,

Figur 2 - eine schematische Darstellung für die Ermittlung einer Weg-Zeit-Funktion aufgrund von für Stützpunkte übermittelten Daten,

Figur 3 - eine schematische Darstellung der Ermittlung der Bahnkurve unter Verwendung eines Hilfspunktes.

5 Figur 1 zeigt einen Motorantrieb 1 mit einer Antriebswelle 2 und einem in den Motorantrieb 1 integrierten Wegsensor 3, der als Positionsgeber oder komplettes Wegmesssystem ausgebildet sein kann.

10 Der Motorantrieb 1 ist über ein Verbindungsleitungskabel 4 mit einer zentralen intelligenten Steuerung 5 verbunden. Diese wiederum ist über einen Datenbus 6 mit einer als Computerterminal dargestellten zentralen Steuerung 7 verbunden.

15 Figur 2 zeigt ein Weg-Zeit-Diagramm mit vier Stützpunkten P1, P2, P3, P4, deren zugehörige Koordinaten s1, t1; s2, t2; s3, t3; s4, s4 von der zentralen Steuerung 7 auf die zentrale Steuerung 5 über den Datenbus 6 übertragen werden. Erfahrungsgemäß wird zusätzlich eine Information über die Steigung s1, ST2, ST3, ST4 in den zugehörigen Stützpunkten P1, ... P4 übermittelt. Die Steigungswerte sind in Figur 2 durch Tangenten in den Stützpunkten P1, ... P4 dargestellt.

Aus den Stützpunktdataen s1, t1, ST1 ... läuft sich unter Verwendung eines Polynoms als Algorithmus die Bahnkurve B für praktische Zwecke eindeutig ermitteln. Für das Intervall t2-t3 ist dargestellt, daß die Steuerung bzw. Regelung durch die zentrale Steuerung 5 in gegenüber dem Zeitintervall t2-t3 sehr kleinen Zeitabständen 2 erfolgen kann, so daß eine beliebige Genauigkeit für die Ausführung der Bahnkurve B durch den Motorantrieb 1 erreichbar ist.

Figur 3 verdeutlicht als Beispiel die Ermittlung der Bahnkurve B zwischen zwei Stützpunkten P1 und P2 unter Verwendung der Koordinaten sH, tH eines Hilfspunktes PH, der als Schnittpunkt der Tangenten der Weg-Zeit-Punktion an den Stützpunkten P1 und P2 entstanden ist. Unter Anwendung einer iterativen Bezier-

7 eine schematische Darstellung der Ermittlung der Bahnkurve unter Verwendung eines Hilfspunktes.

5 Figur 1 zeigt einen Motorantrieb 1 mit einer Antriebswelle 2 und einem in den Motorantrieb 1 integrierten Wegsensor 3, der als Positionsgeber oder komplettes Wegmesssystem ausgebildet sein kann.

8 Berechnung wird die Bahnkurve B aus diesen Werten für praktische Zwecke eindeutig ermittelt, wobei deutlich wird, daß die Bahnkurve durch die Stützpunkte P1 und P2, nicht jedoch durch den Hilfspunkt PH läuft. Die Verwendung eines einzigen Hilfspunktes PH zur Ermittlung der Bahnkurve B führt zu einer sehr einfachen Berechnung mit kurzer Rechenszeit.

5 Der Motorantrieb 1 ist über ein Verbindungsleitungskabel 4 mit einer zentralen intelligenten Steuerung 5 verbunden. Diese wiederum ist über einen Datenbus 6 mit einer als Computerterminal dargestellten zentralen Steuerung 7 verbunden.

5 Figur 2 zeigt ein Weg-Zeit-Diagramm mit vier Stützpunkten P1, P2, P3, P4, deren zugehörige Koordinaten s1, t1; s2, t2; s3, t3; s4, s4 von der zentralen Steuerung 7 auf die zentrale Steuerung 5 über den Datenbus 6 übertragen werden. Erfahrungsgemäß wird zusätzlich eine Information über die Steigung s1, ST2, ST3, ST4 in den zugehörigen Stützpunkten P1, ... P4 übermittelt. Die Steigungswerte sind in Figur 2 durch Tangenten in den Stützpunkten P1, ... P4 dargestellt.

Aus den Stützpunktdataen s1, t1, ST1 ... läuft sich unter Verwendung eines Polynoms als Algorithmus die Bahnkurve B für praktische Zwecke eindeutig ermitteln. Für das Intervall t2-t3 ist dargestellt, daß die Steuerung bzw. Regelung durch die zentrale Steuerung 5 in gegenüber dem Zeitintervall t2-t3 sehr kleinen Zeitabständen 2 erfolgen kann, so daß eine beliebige Genauigkeit für die Ausführung der Bahnkurve B durch den Motorantrieb 1 erreichbar ist.

Figur 3 verdeutlicht als Beispiel die Ermittlung der Bahnkurve B zwischen zwei Stützpunkten P1 und P2 unter Verwendung der Koordinaten sH, tH eines Hilfspunktes PH, der als Schnittpunkt der Tangenten der Weg-Zeit-Punktion an den Stützpunkten P1 und P2 entstanden ist. Unter Anwendung einer iterativen Bezier-

5 Figur 1 zeigt einen Motorantrieb 1 mit einer Antriebswelle 2 und einem in den Motorantrieb 1 integrierten Wegsensor 3, der als Positionsgeber oder komplettes Wegmesssystem ausgebildet sein kann.

5 Figur 2 zeigt ein Weg-Zeit-Diagramm mit vier Stützpunkten P1, P2, P3, P4, deren zugehörige Koordinaten s1, t1; s2, t2; s3, t3; s4, s4 von der zentralen Steuerung 7 auf die zentrale Steuerung 5 über den Datenbus 6 übertragen werden. Erfahrungsgemäß wird zusätzlich eine Information über die Steigung s1, ST2, ST3, ST4 in den zugehörigen Stützpunkten P1, ... P4 übermittelt. Die Steigungswerte sind in Figur 2 durch Tangenten in den Stützpunkten P1, ... P4 dargestellt.

Aus den Stützpunktdataen s1, t1, ST1 ... läuft sich unter Verwendung eines Polynoms als Algorithmus die Bahnkurve B für praktische Zwecke eindeutig ermitteln. Für das Intervall t2-t3 ist dargestellt, daß die Steuerung bzw. Regelung durch die zentrale Steuerung 5 in gegenüber dem Zeitintervall t2-t3 sehr kleinen Zeitabständen 2 erfolgen kann, so daß eine beliebige Genauigkeit für die Ausführung der Bahnkurve B durch den Motorantrieb 1 erreichbar ist.

Figur 3 verdeutlicht als Beispiel die Ermittlung der Bahnkurve B zwischen zwei Stützpunkten P1 und P2 unter Verwendung der Koordinaten sH, tH eines Hilfspunktes PH, der als Schnittpunkt der Tangenten der Weg-Zeit-Punktion an den Stützpunkten P1 und P2 entstanden ist. Unter Anwendung einer iterativen Bezier-

9

Potentanzeigende

- Verfahren zur dezentralen Steuerung eines Motorantriebs (1), dem von einer zentralen Steuerung (7) Bewegungsaufgaben in Form von Weg- und Zeitdaten für voneinander benachbarte Stützpunkte (P1, P2, P3, P4) vorgegeben werden und dem eine eigene intelligente dezentrale Steuerung (5) zugeordnet ist, die den Motorantrieb (1) so steuert, daß die vorgegebenen Bewegungsaufgaben eingehalten werden, dadurch gekennzeichnet, daß für die dezentrale Steuerung (5) wenigstens ein Algorithmus zur Bildung einer Weg-Zeit-Funktion vorgegeben wird und daß von der zentralen Steuerung (7) neben den Weg- und Zeitdaten (s1, s2, s3, s4), t1, t2, t3, t4) wenigstens eine Information (ST1, ST2, ST3, ST4; SH, TH) zur Bildung der Weg-Zeit-Funktion nach dem Algorithmus zwischen den Stützpunkten (P1 bis P4) übertragen wird.

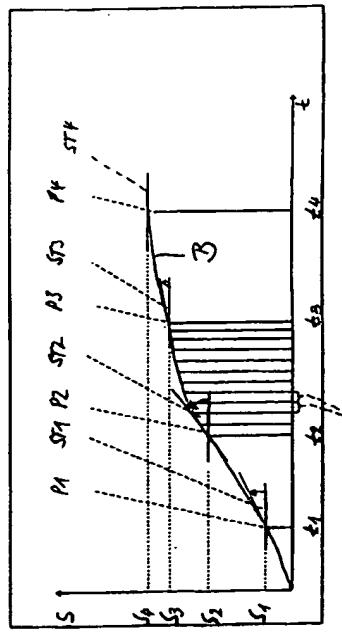
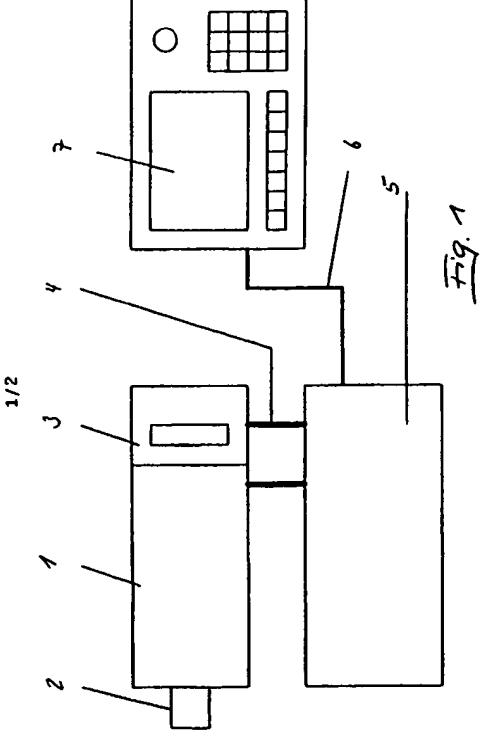
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als zusätzliche Information Daten über die Steigungen (ST1 bis ST4) der Weg-Zeit-Funktion in den Stützpunkten (P1 bis P4) übertragen wird.

- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als zusätzliche Information die Lage wenigstens eines nicht auf der Bahnkurve (B) liegenden Hilfspunktes (PH) zwischen den Stützpunkten (P1, P2) übertragen wird.

25

10

- Verfahren nach Anspruch 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß als zusätzliche Information die Lage des Schnittpunktes der Tangenten an den Stützpunkten (P1, P2) übertragen wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Algorithmus für die Weg-Zeit-Funktion Basiskurven verwendet werden.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß mit der dezentralen Steuerung (5) und mit Wegsensoren (3) eine Regelung des Motorantriebs (1) zur Einhaltung der ermittelten Weg-Zeit-Funktion vorgenommen wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß mit der dezentralen Steuerung (5) ein Schrittmotorantrieb mit einer Vielzahl von Stellschritten zwischen den Stützpunkten (P1 bis P4) entsprechend der ermittelten Weg-Zeit-Funktion gesteuert wird.
- Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß entsprechend der ermittelten Weg-Zeit-Funktion der jeweilige Zeitpunkt für den nächsten Schritt des Schrittmotors generiert wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Steuerung des Motorantriebs (1) mit der Weg-Zeit-Funktion eine Prüfung daraufhin vorgenommen wird, ob die Bewegungsaufgabe innerhalb der Leistungsfähigkeit des Motorantriebs (1) liegt und daß eine neue Berechnung der Bewegungsaufgabe durch die zentrale Steuerung (7) veranlaßt wird, wenn die Leistungsfähigkeit des Motorantriebs (1) überschritten werden würde.



2/2

